LE POINT EN RECHERCHE

Janvier 2009 Série technique 09-100

Rendement à long terme des fondations de maisons à dalle sur terre-plein, à Regina, en Saskatchewan

INTRODUCTION

En 2003, le Programme de subventions de recherche de la SCHL a financé le réexamen d'un échantillonnage de fondations de maisons à Regina, en Saskatchewan, dans l'objectif de documenter leur rendement à long terme. Durant les années 1960 et 1970, la Station régionale des Prairies du Conseil national de recherches du Canada (Division des recherches en bâtiment) avait observé ces maisons et enregistré des données, car le gonflement et le retrait de l'argile profond dans le sol avaient des incidences sur tous les types de fondations, causant l'affaissement visible de certains planchers et ayant d'autres répercussions structurales.

Les constructeurs d'habitations de Regina ont toujours cherché des façons économiques de construire des logements à prix modique, particulièrement en ce qui a trait aux fondations. La plupart des maisons individuelles construites à Regina au cours des 50 dernières années ont un sous-sol de pleine hauteur ou de hauteur partielle. Les fondations à dalle sur terre-plein et de vides sanitaires permettent de réaliser des économies au moment de la construction et au chapitre des coûts d'occupation, s'il n'est pas nécessaire de construire un sous-sol. Au milieu des années 1950, la dalle sur terre plein, jumelée à diverses autres techniques novatrices, permettait de construire des maisons de 90 m^2 (969 pi^2) sur des terrains de 15 m par 37 m (50 pi par 100 pi) qui se vendait pour un peu moins de 10 000 $.

Objectif

Bien que la recherche de 2003 ait porté principalement sur des dalles sur terre-plein, l'objectif ultime était de déterminer les détails de conception pouvant être intégrés de manière raisonnable et économique pour améliorer le rendement des fondations des futures maisons à prix modique de Regina et des autres endroits où l'on trouve des dépôts d'argile profonds.

Méthode

Dans le cadre de la recherche, on a réalisé des entrevues en personne ou au téléphone avec des propriétaires ou des occupants (76 personnes), on a mesuré en détail le niveau de rendement des fondations (38) et on a étudié l'humidité des sols (5 sites).

Construction typique d'une fondation sur dalle sur terre-plein dans les années 1955 1960, à Regina, en Saskatchewan

Après avoir enlevé une couche de terre végétale et nivelé grossièrement le terrain, on préparait la base à 150 mm (6 pouces) sous le niveau fini. La base pour la partie intérieure de la dalle de plancher était recouverte d'environ 300 mm (12 pouces) de sol naturel compacté et de 100 à 200 mm (de 4 à 8 pouces) de gravier tout-venant sableux pour que la base puisse accueillir la dalle de plancher d'une épaisseur de 89 mm (3,5 pouces). Aucune poutre de redressement intérieure en béton n'était placée en travers des surfaces centrales de la dalle. On posait le pare-vapeur de polyéthylène sur le dessus de la base ainsi formée; on installait les coffrages au périmètre; et on mettait en place les conduits de chauffage et les gaines de diffusion intérieures. On installait l'acier structural au périmètre et à l'intérieur et on le fixait selon les élévations prévues. Le béton de la dalle et de la poutre périmétrique était coulé de façon monolithique et fini à +/- 6 mm (0,25 pouce) du niveau voulu. Après le décoffrage, on fixait un panneau isolant d'une épaisseur de 50 mm (2 pouces) au périmètre de la dalle de béton et on appliquait un crépi de ciment de 13 mm (0,5 pouce) sur le côté extérieur de l'isolant. Aucun drain en terre cuite ou remplissage de gravier grossier n'entourait la dalle. On terminait le remblayage avec de l'argile naturelle et de la terre végétale.

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

Sondage auprès des occupants de longue date

La totalité des 100 maisons et plus recensées en 1960 sont encore habitées. Leurs occupants ont en général une certaine tolérance envers des conditions qui ne seraient peut-être pas acceptées ailleurs au Canada, dans les endroits où le gonflement et le retrait du sous sol sont des phénomènes inconnus. Les occupants se sont généralement montrés plutôt satisfaits de ces maisons dont le coût initial était modique, même en tenant compte des coûts de réparation et d'entretien relativement élevés. Ils apprécient particulièrement l'accessibilité et l'abordabilité de ces maisons. Les occupants, d'âges variés, ne se plaignent pas de l'inclinaison des planchers, même si plusieurs d'entre eux sont confinés à des fauteuils roulants. Les propriétaires et occupants d'origine sont plutôt âgés et allèguent que l'accessibilité à l'intérieur et à l'extérieur de la maison et l'absence d'escaliers les incitent à y demeurer. Les occupants plus récents, tant propriétaires que locataires, apprécient quant à eux le caractère abordable des maisons.

Rendement des planchers et des fondations

Toutes les fondations examinées dans le cadre de cette étude, y compris les dalles sur terre-plein, ont subi des mouvements différentiels excessifs selon tous les codes ou les normes techniques. On a examiné trente-huit planchers en 2003. La totalité des trente cinq dalles sur terre-plein examinées ont subi un mouvement différentiel de plus de 43 mm (1,7 pouce). À des fins de comparaison, on a examiné trois autres types de plancher. Un plancher de bois construit sur un vide sanitaire a subi un mouvement différentiel de moins de 20 mm (0,8 pouce) en 43 ans. Un plancher de bois construit au-dessus d'un sous-sol conventionnel pleine hauteur a subi un mouvement différentiel de 54 mm (2,1 pouces) au cours de la même période et la dalle de béton du plancher d'un sous-sol a subi un soulèvement différentiel de 108 mm (4,2 pouces) et un mouvement maximum de 243 mm (9,1 pouces) en 42 ans.

L'étude des planchers des maisons construites sur une dalle sur terre-plein a révélé des mouvements différentiels variant de 40 mm (1,6 pouce) à plus de 200 mm (8 pouces), dont la valeur médiane est d'environ 100 mm (4 pouces). Les efforts de certains entrepreneurs spécialisés pour remettre à niveau certaines de ces maisons en utilisant un procédé dit « mud-jacking » (qui consiste à injecter sélectivement du coulis de ciment dans le sous sol pour soulever les dalles et les remettre de niveau) ont obtenu des succès mitigés. Plusieurs de ces maisons ont été traitées plus d'une fois depuis la fin des années 1950. Les propriétaires ont fait état d'améliorations pendant plusieurs années, puis d'un retour aux mouvements après 7 à 10 ans.

Humidité du sol et précipitations

Le climat de Regina est semi-aride et les étés y sont chauds. Les précipitations annuelles varient considérablement et s'établissent en moyenne à 380,55 mm (15 pouces) sur la période de 113 ans pour laquelle on a compilé des statistiques. La figure 1 illustre les précipitations annuelles totales au-dessus ou au-dessous des précipitations moyennes pour la période allant de 1951 à 2003. L'écart des précipitations annuelles est de 394,4 mm (15,5 pouces) pour cette période, les précipitations maximales ayant atteint 602,7 mm (23,75 pouces) en 1954 et les précipitations minimales s'étant établies à 208,3 mm (8,20 pouces) en 1961. Les précipitations annuelles moyennes totales de 1951 à 2003 atteignent 377,6 mm (14,8 pouces), ce qui représente moins du tiers de l'eau que doit contenir le sol pour répondre aux besoins de l'herbe et des arbres.

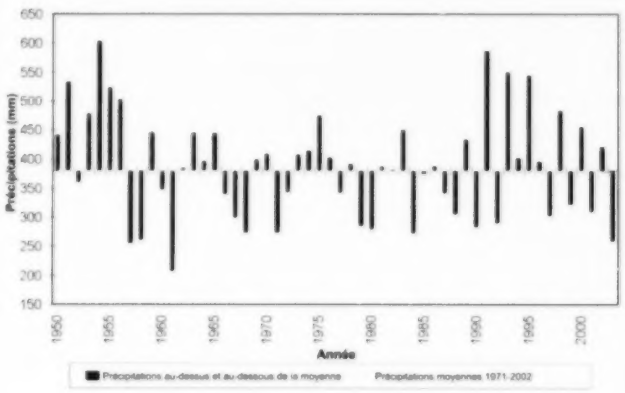

Figure 1 Précipitations annuelles de 1951 à 2003
Registres de la Station A de Regina, Environnement Canada

Bon nombre des maisons sur dalle sur terre-plein de Regina ont été construites entre les années 1955 et 1960. Avant leur construction, à l'été de 1955, les précipitations totales de 1950 à 1955 avaient été supérieures à la normale. L'écart annuel moyen a été de 137 mm/année (5,4 pouces/année), et l'écart total s'est établi à 689 mm (27,11 pouces).

Les données des études réalisées par le CNRC dans les années 1960 indiquent qu'au troisième ou au quatrième hiver, les dalles sur terre-plein qui avaient été construites sur des sols plus humides que la normale (en raison des précipitations plus élevées que la normale pendant plusieurs étés) se sont affaissées de 30 à 80 mm 1,2 à 3,1 pouces) sous le périmètre des dalles de plancher.

Les dalles sur terre-plein construites trop profondément ou sur un terrain dont les eaux de ruissellement s'écoulent vers la maison plutôt qu'en s'y éloignant, ont parfois été endommagées à la suite d'une inondation ou d'une infiltration dans le sous sol sous un ou plusieurs côtés, ce qui a causé des soulèvements différentiels et créé des pentes entre deux côtés de la maison ou des pentes composées plus complexes.

Les études sur la teneur en humidité du sol réalisées en 2003 ont révélé que le sol était beaucoup moins humide au périmètre des dalles de plusieurs maisons qu'il ne l'était au cours des années 1960 et 1970. La zone d'influence des racines des arbres était celle où la sécheresse était la plus sévère et la plus profonde. De manière générale, la région a connu plusieurs années de précipitations inférieures à la normale depuis 2000.

Incidences de la construction et de l'aménagement paysager

La formation de flaques d'eau, la fonte des amoncellements ou des congères de neige et la variabilité des précipitations reçues en surface ont des incidences sur l'infiltration de l'eau. Les constructions et certaines pratiques humaines, comme le pavage, les toitures et le modelage de la surface des terres modifient ces phénomènes, car elles ont tendance à augmenter le ruissellement et à réduire et refaçonner l'infiltration naturelle de l'humidité à partir des conditions relativement uniformes d'un paysage agraire plat des Prairies. La plantation d'espèces vivaces aux racines profondes et l'irrigation des aménagements paysagers compliquent davantage les profils d'infiltration/évapo-transpiration du sol. Les fuites des tuyaux de plomberie et des services municipaux et la perte de chaleur des structures sont d'autres causes de la variabilité de la teneur en humidité du sol.

Durant les longues périodes de sécheresse et sous des surfaces étanchéisées telles que le pavage et les dalles, les racines des arbres et des arbustes ont tendance à s'étendre pour chercher de l'humidité et causent ainsi un retrait en profondeur.

Les fondations coulées en 1955 et 1956 ont subi un tassement dans certaines parties centrales et un soulèvement au périmètre, de sorte qu'on a observé une cambrure maximale dans les parties centrales au cours des quatre ou cinq premières années. Le tassement ou le soulèvement des surfaces extérieures est devenu plus prononcé au cours des années 1970. Les effets de l'orientation par rapport au soleil et aux précipitations poussées par les vents dominants, les modes d'irrigation et de drainage et la proximité de grands arbres et des arbustes ont pris de l'importance au fil du temps. De 1979 à 1990, une tendance générale à la sécheresse a accentué les tassements observés dans les années 1970, sauf aux endroits où des inondations ou de l'irrigation en profondeur ont causé des soulèvements. Au cours des années 1989, 1991, 1993, 1995, 1998 et 2000, les précipitations ont été au-dessus de la moyenne, ce qui pourrait avoir diminué ou renversé les tendances au tassement, sauf pour les tassements en profondeur dus aux arbres et arbustes. Les années 2001 et 2003 ont reçu moins de précipitations que la moyenne.

Les plus importantes distorsions observées dans l'étude de 2003 étaient attribuables aux influences combinées de l'assèchement par les racines profondes et le mouillage, provenant généralement de sources externes autour des dalles.

Conclusions

Les dalles construites entre 1955 et 1960 ont subi des mouvements initiaux de tassement différentiels sur les surfaces centrales et de soulèvement aux périmètres, causés par la redistribution de l'humidité du sol imposée par le flux de chaleur.

Par la suite, le périmètre a continué de se soulever, car l'irrigation des aménagements paysagers a augmenté les précipitations et diminué les déficits en humidité. Les racines profondes et étendues des arbres et des grands arbustes ont graduellement diminué la teneur en humidité du sol sous la fondation, ce qui a causé le retrait des argiles et le tassement du terre-plein et des fondations peu profondes.

Il importe de souligner que l'on a observé des mouvements excessifs pour tous les types de fondations construites sur le sol aux dépôts d'argile profonds de Regina durant cette période.

Les conditions plus humides que la moyenne, de courte durée, pourraient avoir des incidences importantes là où les eaux de ruissellement ne sont pas évacuées adéquatement loin des fondations à cause d'un soulèvement ou d'un tassement du sol. Les périodes prolongées plus sèches que la moyenne, coïncidant avec la croissance en profondeur des racines des arbres, créent les pires conditions pour les fondations peu profondes.

Les occupants des maisons examinées dans le cadre de l'étude de 2003 ont exprimé des niveaux de satisfaction généralement élevés envers les maisons, malgré les coûts d'entretien et de réparation associés au mouvement des fondations au fil des ans. L'accessibilité et l'abordabilité sont les principaux facteurs de satisfaction.

Les renseignements recueillis dans le cadre de cette étude seront utiles aux concepteurs et aux entrepreneurs qui envisagent l'emploi de dalles sur terre-plein pour les maisons ou d'autres structures légères dans des régions où les conditions climatiques sont semblables à celles de Regina et dont le sol comporte aussi des argiles profondes.

Recommandations

La géotechnique et la technique des fondations ont considérablement progressé au cours des cinquante dernières années. Il faudrait s'assurer les services de spécialistes expérimentés pour faire progresser la technologie de la construction. Pour améliorer le rendement des fondations peu profondes, l'étude de 2003 recommande de vérifier les données climatiques, en particulier les changements cumulatifs par rapport aux moyennes des précipitations à long terme, pour fournir un point de comparaison des profils d'humidité passés et futurs pendant la planification de la construction.

Les changements de la teneur en humidité et du volume du sol devraient être réduits au minimum en maintenant les conditions d'humidité initiales sur la surface et la profondeur d'influence des nouvelles structures. Il faudrait régler ou éliminer les écoulements d'eau vers les fondations par des techniques comme les écrans antiracines, les systèmes de drainage en périmètre et le nivellement adéquat des surfaces. Il y aurait également lieu de réduire au minimum les fuites des tuyaux de plomberie et les pertes de chaleur, ainsi que le flux thermique latéral sous et sur les dalles.

La construction devrait tenir compte des situations où le gonflement et le retrait de l'argile sont inévitables. Il est possible de prévenir le soulèvement contre les dalles de fondation en recourant au retrait à long terme et à la végétation. Le remblai stabilisé pourrait permettre d'élever les dalles de 0,5 m (1,65 pied) ou plus afin d'augmenter la charge du sous-sol. Les techniques de coffrage avec vide pourraient éliminer les pressions de soulèvement sur les surfaces des dalles minces et augmenter les contraintes sous le périmètre et les poutres de redressement.

Des coulis de ciment chimique pourraient être injectés sous pression dans les sols secs et fissurés pour réduire les risques de gonflement et protéger contre l'humidité.

Directeur de projet à la SCHL : Ken Ruest

Consultants pour le projet de recherche : J.J. Hamilton, ing.

Ce projet a été réalisé (ou réalisé en partie) grâce au soutien financier de la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) dans le cadre de son Programme de subventions de recherche, subventions qui sont octroyées au terme d'un concours annuel. Les idées exprimées sont toutefois celles de l'auteur (ou des auteurs) et ne représentent pas la position officielle de la SCHL. Pour en savoir plus sur ce programme, visitez le site Web de la SCHL à **www.schl.ca** ou communiquez avec l'agent de projets, Recherche d'initiative privée, par courriel, à erp@cmhc-schl.gc.ca, ou par la poste à : Agent de projets, Recherche d'initiative privée, Programme de subventions de recherche, Division de la recherche et des politiques, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 700 chemin de Montréal, Ottawa (Ontario) K1A 0P7.

Pour consulter d'autres feuillets ***Le Point en recherche*** et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web au

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1-800-668-2642
Télécopieur : 1-800-245-9274

©2009, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 30-01-09

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.

66334